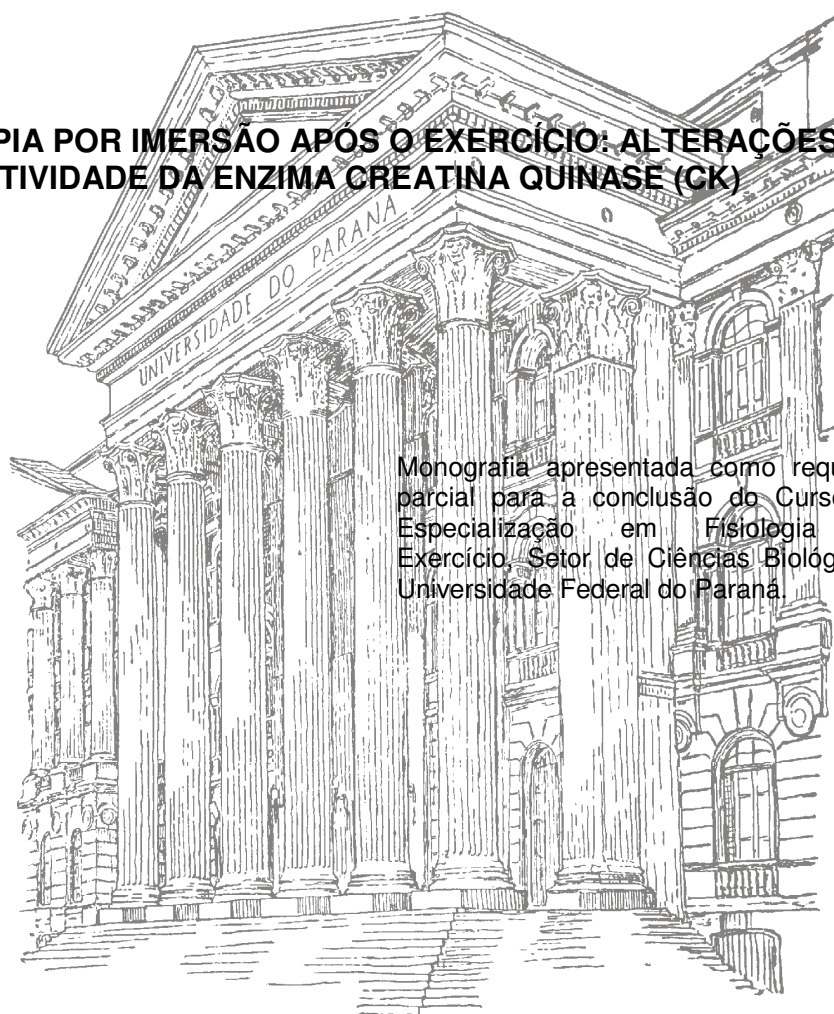


POLIANA DEBIAZI

**CRIOTERAPIA POR IMERSÃO APOS O EXERCÍCIO: ALTERAÇÕES NA
ATIVIDADE DA ENZIMA CREATINA QUINASE (CK)**



Monografia apresentada como requisito parcial para a conclusão do Curso de Especialização em Fisiologia do Exercício, Setor de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Paraná.

**CURITIBA
2013**

POLIANA DEBIAZI

**CRIOTERAPIA POR IMERSÃO APÓS O EXERCÍCIO: ALTERAÇÕES NA
ATIVIDADE DA ENZIMA CREATINA QUINASE (CK)**

Monografia apresentada como requisito parcial para a conclusão do Curso de Curso de Especialização em Fisiologia do Exercício, Setor de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Paraná.

Orientador: MS. José Alberto Fernandes Gomes dos Santos, Instituto de Ciências da Atividade Física e Esporte (ICAFE) São Paulo – SP.

**CURITIBA
2013**

Dedico este trabalho aos meus
maiores incentivadores:
“Meu pai, minha Mãe e meu Irmão”.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus...

Agradeço a meus pais, Guerino e Marlene, que sempre confiaram em mim e apoiaram a minha profissão.

Agradeço a meu companheiro e amigo, Fernando, que sempre esteve presente, me incentivando e dando apoio.

Agradeço aos amigos que fiz neste curso, Jaqueline, Solange, Ricardo, Ana e José, adorei conhecer vocês!

Agradeço a todos os professores que contribuíram para minha formação, em especial ao professor José dos Santos, que me ajudou muito neste trabalho. O meu sincero agradecimento.

Agradeço a todos que, direta ou indiretamente, contribuíam para que eu concluísse o Curso de Especialização em Fisiologia do Exercício.

RESUMO

A fadiga muscular é um fenômeno frequente que pode prejudicar o desempenho e predispor praticantes de atividade física a uma série de lesões musculoesqueléticas. A creatina quinase está amplamente distribuída nos tecidos, com atividades mais elevadas no músculo esquelético, cérebro e tecido cardíaco, pois a função fisiológica predominante desta enzima é catalisar a reação reversível $\text{ATP} + \text{Creatina} \rightleftharpoons \text{ADP} + \text{Fosfocreatina}$. Embora largamente utilizada na prática desportiva, a efetividade da crioterapia de imersão (CI) para fins de recuperação muscular pós-exercício ainda carece de evidências científicas, visando métodos de aplicação mais eficazes e específicos para cada atleta ou praticante de atividade física. O objetivo desta pesquisa foi reunir informações e descrever as respostas proporcionadas por métodos recuperativos, além de analisar e comparar o efeito da técnica de CI sobre a recuperação muscular e comportamento da enzima creatina quinase. Utilizou-se as bases de dados *online* Medline (*Medical Literature, Analysis and Retrieval System Online*), Scielo (*Scientific Electronic Library Online*) e Lilacs (Literatura Latino-americana e do Caribe de Informação em Ciências da Saúde) e, optando-se por procurar os termos *cryotherapy*, *immersion*, *creatine kinase*, *biological markers*, e *exercise*, individualmente e em cruzamentos. Foram encontrados 98 artigos no total, sendo selecionados apenas 22 artigos para o referente estudo.

Palavras-chave: crioterapia, crioterapia de imersão, lesão muscular, creatina quinase.

ABSTRACT

Muscle fatigue is a common phenomenon that can degrade performance and predispose physically active to a number of musculoskeletal injuries. Creatine kinase is widely distributed in tissues, with highest activity in skeletal muscle, brain and heart tissue, because the physiological function of this enzyme occurs predominantly in muscle cells where it is involved in the storage of creatine phosphate, a compound rich in energy. Although widely used in sports, the effectiveness of immersion cryotherapy (CI) for the purpose of post-exercise muscle recovery still lacks scientific evidence, seeking more effective methods of application and specific to each athlete or practitioner of physical activity. The objective of this research was to gather information and describe the responses provided by recovery methods, and analyze and compare the effect of CI on technique and muscle recovery behavior of the enzyme creatine kinase. We used the online databases MEDLINE (Medical Literature, Analysis and Retrieval System Online), SciELO (Scientific Electronic Library Online), and Lilacs (Latin American and Caribbean Center on Health Sciences), and opting for search terms cryotherapy, immersion, creatine kinase, biological markers, and exercise, individually and in intersections. We found 98 articles in total, only 22 articles were selected for the referent study.

Keywords: cryotherapy, cryotherapy by immersion, muscle damage, creatine kinase.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Síntese das pesquisas relacionando crioterapia e creatina quinase

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	9
1.1 Objetivo (s).....	10
2 METODOLOGIA	11
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	13
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	15
REFERÊNCIAS.....	16

1 INTRODUÇÃO

Entre a rotina intensa de treinamentos e competições de alguns atletas, está a fadiga muscular, um fenômeno frequente que pode prejudicar o desempenho e predispor os mesmos a uma série de lesões musculoesqueléticas. Apesar de transitório, este prejuízo pode durar minutos ou horas após o exercício, ou ainda manterem-se por longos períodos, ou até mesmo vários dias (BARNETT, 2006). Após os exercícios de alta intensidade, ocorrem os prejuízos metabólicos de curta duração (WESTERBLAD, 2002). Os prejuízos de longa duração podem estar relacionados à lesão tecidual causada pelo exercício e ao fenômeno conhecido como dor muscular tardia (CHEUNG, 2003).

A dor muscular tardia (DMT) é caracterizada como dor ou desconforto que ocorre cerca de 8 horas após o exercício, aumentando a intensidade nas próximas 24 a 48 horas, diminuindo progressivamente após 72 horas, e ocorre em exercícios com predominância de contrações excêntricas do músculo esquelético, devido à mudança de carga ou mudança de estratégia de treinamento (NASCIMENTO et al., 2007). A literatura mostra que a contração excêntrica produz maior dano muscular e déficit de força comparada à contração concêntrica ou isométrica. Rigidez muscular, sensibilidade ao toque, diminuição da amplitude de movimento e incapacidade de gerar força máxima são sinais e sintomas decorrentes do dor muscular tardia (NASCIMENTO et al., 2007; SELLWOOD, 2007; WILMORE; COSTILL, 2001;).

As microlesões permitem o extravasamento do conteúdo intracelular, causando a liberação de enzimas, proteínas e fragmentos de proteína no sangue. Entre estes marcadores de lesão tecidual destacam-se a creatina quinase (CK), lactato desidrogenase (LDH), mioglobina, troponina I e fragmentos de miosina. Sendo assim verificar o aparecimento destas enzimas no sangue serve como indicador de lesão tecidual (NOSAKA e NEWTON, 2002).

A utilização potencial de marcadores fisiológicos, bioquímicos e hematológicos tem recebido muita atenção pois são práticos, objetivos e podem ser mensurados rotineiramente em laboratório fornecendo subsídios que contribuam no aperfeiçoamento da performance (GLEESON, 2002).

A creatina quinase, em suas diferentes isoformas, está amplamente distribuída por diferentes tecidos, com atividades mais elevadas no músculo esquelético, cérebro e tecido cardíaco, pois a função fisiológica predominante desta

enzima é catalisar a reação reversível $\text{ATP} + \text{Creatina} \rightleftharpoons \text{ADP} + \text{Fosfocreatina}$ (BASTOS, 2010; CHEUNG, 2003).

Na prática desportiva, a crioterapia de imersão (CI) é um recurso muito utilizado para garantir uma melhor recuperação pós-esforço. O método consiste na colocação de determinada quantidade de gelo em um balde associado à água (normalmente com temperatura inferior a 15° C), onde os atletas mergulham seus segmentos corporais por quantidades de tempo variáveis (BASTOS, 2010; WILCOCK, 2006; ESTON e PETERS, 1999).

O objetivo de quaisquer meios terapêuticos de ações de campo consiste em restaurar os sistemas do corpo à condição basal e, a CI, com temperatura da água a menos de 15°, é atualmente uma das estratégias de intervenção mais populares utilizadas após exercícios físicos, principalmente no meio competitivo (BARONI, 2010; BLEAKLEY, 2012). Com relação à duração e temperatura, estudos científicos envolvendo CI já utilizaram desde 10 até 193 minutos, com temperaturas variando de 1° C a 15° C (BLEAKLEY, 2012).

Embora largamente utilizada na prática desportiva, a efetividade da crioterapia para fins de recuperação muscular pós-exercício ainda carece de evidências científicas, visando métodos de aplicação mais eficazes e específicos para cada tipo de exercício/atividade física (BASTOS, 2010).

1.1 Objetivos

O objetivo desta pesquisa foi reunir informações e descrever as respostas proporcionadas por métodos recuperativos, constituindo uma fonte de atualização do referido tema, além de analisar e comparar o efeito da técnica de crioterapia de imersão (CI) sobre a recuperação muscular e comportamento da enzima creatina quinase.

2. METODOLOGIA

Ao realizar um levantamento bibliográfico sobre o tema, descobriram-se algumas dificuldades. A maior delas diz respeito à falta de padronização para a utilização das técnicas, como mostra a Tabela 1, além do controle de diferentes parâmetros e variáveis, que podem determinar barreiras na comparação de resultados entre estudos de mesma natureza. Desta forma, deve-se atentar para a necessidade de melhor definição de parâmetros relacionados ao gerenciamento de cada técnica, como tempo de exposição, forma de aplicação, temperatura da água e intensidade de aplicação.

Tabela 1. Síntese das pesquisas relacionando crioterapia e creatina quinase

Autor	População de estudo	Modelo de estresse e nível de controle	Modelo de recuperação e controle	Variáveis estudadas	Resultados
Eston et al. (9)	15 sujeitos do sexo feminino (22±2 anos).	8 séries de 5 repetições concêntricas máximas em dinamômetro isocinético. Intervalo de 60° entre cada série. Membros superiores.	Imersão em água e gelo (15±1 °C) por 15', imediatamente após exercício e a cada 12 h, por 3 dias e grupo controle.	CK, força isométrica, ângulo do cotovelo (relaxado), dolorimento muscular e circunferência do membro.	O grupo controle apresentou menor ângulo de relaxamento em relação ao grupo de imersão. No segundo e terceiro dia a CK esteve aumentada no controle em relação à imersão. A força isométrica esteve aumentada na imersão em relação ao controle, principalmente no terceiro dia.
Sellwood et al. (19)	40 sujeitos não treinados (21±3,1 anos - grupo controle, e 21,4±4,3 anos - grupo estudado).	5 séries de 10 contrações máximas de extensão de joelho, com 1' de repouso entre as séries. 120% de 1RM.	Imersão em água e gelo (5±1 °C) e grupo controle - imersão a temperatura de 24 °C. Os sujeitos permaneciam imersos por 1'e for a do tambor 1', repetindo 3 ciclos.	Escala de Dor (EVA) para sentar e ficar em repouso, alongamento passivo, saltar, correr e máxima contração isométrica, dolorimento muscular, circunferência do membro e CK.	O grupo imersão apresentou aumento da dor (sentar e ficar em repouso) após 24h quando comparado ao grupo controle.
Yanagisawa et al. (24)	28 sujeitos do sexo masculino (23,8±1,8 ano).	Flexão plantar em posição ortostática, 5 séries de 20 repetições a 30% da contração máxima, com 1'de repouso entre as séries.	Crioterapia (5 °C) por 15' imediatamente após o exercício, imediatamente e 24 horas após (dupla imersão) e grupo controle.	Ressonância magnética, amplitude de movimento, CK, [Lac] e escala de dor.	O sóleo apresentou alteração nos 40'na dupla imersão, quando comparado com os dois grupos. A amplitude foi menor no controle quando comparado com os dois grupos. A [Lac] apresentou-se em menor concentração na dupla imersão quando comparado a imersão. O grupo controle e a dupla imersão apresentou aumento da CK nas primeiras 96 horas após o exercício.

Bailey et al. (1)	20 sujeitos do sexo masculino (22,3±3,3anos).	90° de exercício intermitente - corrida	Imersão em água e gelo a 10±0,5°C e controle, ambos por 15'.	Percepção de dor, contração isométrica máxima, CK e mioglobina.	A imersão reduziu o dolorimento muscular na 1,24 e 48h após o esforço quando comparado ao controle. A imersão diminuiu a contração isométrica máxima e a concentração de mioglobina.
----------------------	---	---	--	---	--

(Adaptado de Bastos, 2010)

Ao iniciar esta pesquisa no ano de 2011, a principal lacuna era referente à utilização da CI na recuperação muscular, analisando o marcador de lesão muscular CK. Utilizou-se as bases de dados *online* Medline (*Medical Literature, Analysis and Retrieval System Online*), Scielo (*Scientific Electronic Library Online*) e Lilacs (Literatura Latino-americana e do Caribe de Informação em Ciências da Saúde) e, optando-se por procurar os termos *cryotherapy*, *immersion*, *creatine kinase*, *biological markers*, e *exercise*, individualmente e em cruzamentos. Foram encontrados 98 artigos no total, porém incluiu-se apenas os que se referiam à crioterapia por imersão e creatina quinase, sendo selecionados apenas 22 artigos para o referente estudo. Foram excluídos os artigos que mesmo havendo os unitermos, não abordavam o referido tema.

2 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Estudos descrevem que o exercício induz microlesões no tecido muscular esquelético. Devido ao processo de contração muscular (fases excêntrica e concêntrica) as tensões geradas na fibra muscular podem levar a microlesões no sarcolema e lâmina basal, porém a fase excêntrica, se comparada à concêntrica, proporciona maior quantidade de micro lesões musculares (HORTOBÁGYI et al., 1998; WILLOUGHBY et al., 2003). Entretanto, essas lesões podem ser observadas diretamente por microscopia óptica ou indiretamente analisadas através de marcadores de lesão tecidual (HORTOBÁGYI et al., 1998; NOSAKA et al., 2002; WILLOUGHBY et al., 2003).

Ao ocorrer a ruptura do sarcolema, há o extravasamento do conteúdo intracelular, causando o deslocamento de enzimas, proteínas e fragmentos de proteína para o sangue. A creatina quinase (CK) está entre estes marcadores de lesão tecidual, além de lactato desidrogenase (LDH), mioglobina, troponina I e fragmentos de miosina. O deslocamento destas enzimas para o sangue serve como indicador de lesão tecidual (FREITAS, 2006; NOSAKA e NEWTON, 2002).

Zoppi et al. (2003) verificaram que atividade física aumenta os marcadores séricos de estresse oxidativo e de lesão musculoesquelético durante o período de competição em atletas de futebol. A sequência de jogos em uma competição leva os atletas a seguidos estresses mecânicos (microlesões) e metabólicos (estresse oxidativo) que se não forem recuperados rapidamente podem levá-lo a um futuro estado de sobretreinamento (BUDGETT et al., 2000).

Em síntese, Yanagisawa et al. (2003), realizou um estudo através da imagiologia por ressonância magnética, com o objetivo de avaliar o efeito da CI no músculo esquelético após exercício extenuante. Os indivíduos foram divididos aleatoriamente em grupos controle e imersão, e mensurados os resultados de CK, lactato desidrogenase (LDH) e tempo de recuperação, através de análise sanguínea e ressonância magnética respectivamente, após o exercício e imersão. A CI teve duração de 15 min à $15 \pm 1^{\circ}\text{C}$ e 5°C . Neste estudo, o grupo controle apresentou maiores aumentos em enzimas séricas (que têm valor diagnóstico, pois só aparecem quando existe lesão celular) e dor muscular do que o grupo resfriamento, que apresentou menores quantidades de células danificadas, mostrando a efetividade da crioterapia por imersão.

Eston e Peters (1999) utilizaram a mesma técnica por 15 minutos, com temperatura de $15 \pm 1^{\circ}\text{C}$ e 5°C , respectivamente, e obtiveram como resultado diminuição da CK no terceiro e no quarto dia, após o esforço, porém esta resposta pós exercício apresentou correlação com a intensidade do exercício.

No estudo de Freitas et al. (2006), analisaram a ação da CI na concentração sérica de CK em jovens atletas de futebol, após realizarem corrida contínua em velocidade variável (CCVV), e submetidos em seguida a crioimersão de 15 min em água à 8°C . Entretanto, neste estudo a concentração sérica de CK no grupo crioimersão variou nas 24h após exercício e, posteriormente retornou aos valores basais, mostrando que o CCVV não foi capaz de provocar lesões suficientes para alterar a concentração de CK. Porém a submersão em água fria induziu ao aumento desta concentração provavelmente pela resposta corporal de contração muscular para regulação da temperatura.

Bailey et al. (2007), analisou os efeitos da CI na lesão muscular e dor após um protocolo de 90 min de esforço físico. Após o exercício, os participantes foram aleatoriamente designados para 10 minutos de imersão em água fria (média de $10^{\circ}\text{C} \pm 0,5$) ou um grupo de controle. Foram mensurados o grau de dor percebida, alterações na função muscular e fluxo de proteínas intracelulares, monitorizados até 7 dias após o exercício. O esforço resultou em dor muscular grave, disfunção muscular temporária e elevação de marcadores séricos de lesão muscular, todos com pico de até 48 horas após o exercício. A CI foi administrada imediatamente após o exercício, reduzindo a dor muscular. A atividade da CK atingiu o pico entre 1 e 24 h ($P < 0,05$), porém, a CI não teve qualquer efeito sobre a resposta da creatina-quinase.

É importante ainda ressaltar os efeitos terapêuticos da crioimersão. Wilcock, Cronin e Hing (2006) verificaram as alterações no organismo causadas pela imersão em água. Os resultados mostraram mudanças fisiológicas, incluindo alterações intracelular-intravascular de fluidos, redução de edema muscular e aumento do débito cardíaco, que aumenta o fluxo sanguíneo e de nutrientes, além do transporte de resíduos corporais. Além disso, foi observado um benefício psicológico para os atletas, com uma cessação reduzida de fadiga durante a imersão. A temperatura da água altera a resposta fisiológica à imersão e pode fornecer a melhora na recuperação.

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os modelos de recuperação têm sido usados com frequência atualmente, porém seus resultados são questionáveis devido à escassez de informações sobre os aspectos fisiológicos envolvidos, falta de padronização metodológica para coleta de informações.

Observou-se que quaisquer modelos de recuperação podem apresentar falhas em relação ao controle das variáveis e, portanto devem ser melhor estudados.

A temperatura é um fator determinante neste tipo de estudo, pois determinará a qualidade do resultado. Além disso, o tempo de exposição é de fundamental relevância durante a aplicação da técnica.

Entretanto, diversos estudos não se atentam a identificar os reais efeitos fisiológicos promovidos pela técnica, utilizando-a de modo insipiente. Devido a isto, a inconsistência dos resultados encontrados sugere que as variáveis utilizadas como método de recuperação devem ser melhor controladas.

Por fim, com este estudo de revisão sistemática, a partir dos resultados descritos por outrem e hipóteses levantadas para explicar tais eventos, pretendeu-se contribuir, como elemento facilitador, visando nortear os cientistas do esporte a empreender investigações pertinentes à realidade do campo esportivo para o tema em questão.

REFERÊNCIAS

- BAILEY, D. M. et al. *Influence of cold-water immersion on indices of muscle damage following prolonged intermittent shuttle running*. J. Sports Sci. v.11, p.1163-70, 2007.
- BASTOS, F. N. Influência de diferentes tipos de recuperação sobre a modulação autonômica cardíaca, concentração de lactato e proteína C reativa. Dissertação de mestrado – Unesp – São Paulo, 2010.
- BARNETT, A. *Using recovery modalities between training sessions in elite athletes. Does it help?* Sports Med. v.9, p.781-796, 2006.
- BARONI, B. M. et al. *Effect of immersion cryotherapy on blood lactate clearance after exercise*. Rev. Bras. Cineantropom. Desempenho Hum. v.12, p.179-185, 2010.
- BLEAKLEY, C, et al. *Cold-water immersion (cryotherapy) for preventing and treating muscle soreness after exercise*. Cochrane Database Syst. Rev. v.15, p.2, 2012.
- BUDGETT, R.; et al. *Redefining the overtraining syndrome as the unexplained underperformance syndrome*. British Journal of Sports Medicine. v. 34, p. 67- 68, 2000.
- CHEUNG, K.; HUME, P.; MAXWELL, L. *Delayed onset muscle soreness. Treatment strategies and performance factors*. Sports Med. - v. 33, p.145–64, 2003.
- EBBELING, C.; CLARKSON, P. *Exercise-induced muscle damage and adaptation*. Sports Med. – v.7, p.207– 234, 1989.
- ESTON, R.; PETERS, D. *Effects of cold water immersion on the symptoms of exercise-induced muscle damage*. Journal of Sports Sciences. v.17, p. 231-38, 1999.
- FREITAS, C. F. et al. *Ação moduladora da crioterapia na concentração sérica de CK em jovens atletas de futebol*. Rev. Dig. B. Aires. n.94, 2006.
- GLEESON, M. *Biochemical and immunological markers of overtraining*. Journal of Sports Science and Medicine. v.1, p.31-41, 2002.
- HORTOBÁGYI, T. et al. *Normal forces and myofibrillar disruption after repeated eccentric exercise*. Journal Applied Physiology, v. 84, p. 492-498, 1998.
- LUND, H.; VESTERGAARD-POULSEN, P.; KANSTRUP, I. et al. *The effect of passive stretching on delayed onset muscle soreness, and other detrimental effects following eccentric exercise*. Scand J. Med. Sci. Sports - v.8,p.216–21, 1998.
- MATHEUS, J. P. C. et al. *Análise biomecânica dos efeitos da crioterapia no tratamento da lesão muscular aguda*. Rev. Bras. Med. Esporte – v. 14, n. 4 – Jul/Ago, 2008.
- NASCIMENTO, C. R. V. et al. *Dor Muscular Tardia: Etiologia e Tratamento*. Ver. Bras. Presc. e Fisio. do Exercício. São Paulo, v.1, n.2, p. 90-99, 2007.
- NOSAKA, K.; NEWTON, M.; *Concentric or eccentric training effect on eccentric exercise-induced muscle damage*. Medicine Science Sport Exercise. V. 34, p. 63-69, 2002.

PILLA, C. *Efeito dos aminoácidos de cadeia ramificada e seus cetoácidos sobre a atividade da creatina quinase de cérebro de ratos jovens*. 2003. 97p. Tese (Doutorado em Bioquímica) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.

ROBERTSON, J.D.; MAUGHAN, R.J.; DUTHIE, G.G.; MORRICE, P.C. *Increased blood antioxidant systems of runners in response to training load*. Clinical Science, London, v.80, p.611-8, 1991.

SELLWOOD, K. L. et al. *Ice-water immersion and delayed-onset muscle soreness: a randomised controlled trial*. Br. J. Sports Med. - v.41, p.392–397, 2007.

WESTERBLAD, H.; ALLEN, D.G.; LANNERGREN, J. *Muscle fatigue: lactic acid or inorganic phosphate the major cause?* News Physiol. Sci. v.1, p.17-21, 2002.

WILCOCK, I.M.; CRONIN, J.B.; HING, W.A. *Physiological response to water immersion: a method for sport recovery?* Sports Med. v.9, p.747-65, 2006.

WILLOUGHBY D, S.; VANENK, C.; TAYLOR, L. *Effects of concentric and eccentric contractions on exercise induced muscle injury, inflammation, and serum IL-6*. Journal of Exercise Physiology, v. 6, p. 8-15, 2003.

WILMORE, J.H.; COSTILL, D.L. *Fisiologia do Esporte e do Exercício*. 2^a Ed. São Paulo: Ed. Manole, 2001, p.96 – 100.

YANAGISAWA, O. et al. *The use of magnetic resonance imaging to evaluate the effects of cooling on skeletal muscle after strenuous exercise*. European Journal of Applied Physiology. v.89, p.53-62, 2003.

ZOPPI, C. C. et al. *Alterações em biomarcadores de estresse oxidativo, defesa antioxidante e lesão muscular em jogadores de futebol durante uma temporada competitiva*. Rev. Paul. Educ. Fís., São Paulo, v.2, p. 119-30, jul./dez. 2003.